PERANCANGAN DAN ANALISIS *COOL BOX* SEBAGAI MEDIA PENYIMPANAN IKAN BAGI NELAYAN DI WILAYAH KELURAHAN LUMPUR KABUPATEN GRESIK

Risa Setyalina[1] dan Shanti Kartika Sari[2]

Departemen Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia[1,2]

e-mail: risasetyalina@gmail.com

ABSTRACT

Lumpur-Gresik Distric has considerable fisheries potential, where the majority of population work as fishermen with catch of fish reach 20 kg per day. The majority of traditional fishermen use simple storage such as wooden crates, styrofoam box or hold of a ship with ice as cooling media. These storages may not have a good insulation that may cause the heat lost hence the freshness and quality of fish decreased. The ideal temperatures of fish storage is between -2ºC to 0ºC. Since the composition of fish and ice is not ideal, the temperature of storage may not be achieved.. Based on these problems, this research aims to design a cool box. The design is adapted to the capacity of fish and also the total cooling load. The Cooling Load Temperature Difference (CLTD) method based ASHRAE Handbook is used to determine the total cooling load. This research is also carried out to obtain the ideal amount of ice needs when the cooling process takes place. The purpose is to make the appropriate and effective design of cool box to maintain the freshness of fish. The result shows that dimension of cool box is 48.7 x 30.5 x 39.4 cm ((in length, width and height)). The outer and inner frame layers are 0.3 cm thickness High Density Polyethylene (HDPE), while the insulation is Polyurethane (PUR) with 1.5 cm thickness. The storage capacity of cool box is 41.19 kg. The minimum ice composition is 16 kg in order to maintain the freshness of the fish.

***Keyword** : Cool box, Cooling Load Temperature Difference, fish.*

ABSTRAK

Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik memiliki potensi perikanan cukup besar, di mana mayoritas penduduk berprofesi sebagai nelayan dengan tangkapan ikan mencapai 20 kg per hari. Mayoritas nelayan tradisional menggunakan tempat penyimpanan sederhana seperti peti kayu, kotak *styrofoam* atau palka dengan media pendinginan es balok. Penyimpanan tersebut belum memiliki insulasi yang baik sehingga terjadi *heat loss* yang menyebabkan kesegaran ikan kurang terjaga dan kualitasnya menurun. Selain itu, komposisi ikan dengan es tidak ideal, padahal temperatur ideal penyimpanan ikan antara -2ºC sampai 0ºC. Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukanlah penelitian untuk mendesain kotak penyimpanan dingin (*cool box)*. Perancangan ini disesuaikan dengan kapasitas ikan tangkapan dengan memperhitungkan total beban pendingin menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD). Penelitian juga dilakukan untuk memperoleh jumlah kebutuhan es yang ideal saat proses pendinginan berlangsung. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan desain *cool box* yang efektif dan dapat menjaga kesegaran ikan lebih lama. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa *cool box* memiliki dimensi panjang 48.7 cm, lebar 30.5 cm dan tinggi 39.4 cm. Rangka luar dan dalam masing-masing menggunakan material *High Density Polyethylene* (HDPE) setebal 0.3 cm dan insulasi *Polyurethane* (PUR) dengan tebal 1.5 cm. Kapasitas penyimpanan *cool box* adalah 41.19 kg. Untuk menjaga kesegaran ikan, dibutuhkan komposisi es minimal 16 kg.

Kata kunci: *Cool box, Cooling Load Temperature Difference*, ikan.

PENDAHULUAN

Ikan merupakan bahan pangan yang akan cepat mengalami pembusukan sehingga kualitas ikan akan cepat menurun. Hal ini karena proses pembusukan yang cukup cepat sejak kematiannya, yaitu sekitar 6 sampai 7 jam bila tidak mendapat perlakuan khusus [1]. Hal yang harus diperhatikan untuk menjaga kualitas ikan dalam keadaan segar sampai di tangan konsumen yaitu proses penyimpanannnya. Pada dasarnya mutu ikan tidak dapat diperbaiki hanya dapat dipertahankan. Mutu ikan akan segera mengalami kerusakan setelah ikan dalam kondisi mati [2].

Salah satu metode untuk menjaga kesegaran ikan harus dijaga dalam suhu 0^{o}C dalam proses pendinginan sampai lebih rendah saat proses pembekuan [3]. Pada proses pendinginan, idealnya ikan dijaga dalam rentang temperatur -2^{o}C sampai 0^{o}C [4].

Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi perikanan yang cukup besar, sehingga mayoritas penduduknya berprofesi sebagai nelayan dan memanfaatkan hasil laut dalam memenuhi kebutuhan hidupnya [5]. Hasil ikan tangkapan nelayan tradisional sekitar 15-20 kg per hari dengan waktu melaut 6 jam, mulai dari penangkapan ikan di tengah laut sampai di bawa ke daratan. Menurut observasi, nelayan di Kelurahan Lumpur sudah menerapkan teknik pendinginan menggunakan es dengan media penyimpanan pada kotak kayu, palka atau kotak *styrofoam*. Akan tetapi, penggunaan media penyimpanan tersebut masih didapati beberapa kelemahan, salah satunya yaitu proses penyimpanan dingin yang tidak dapat bertahan lama. Hal ini dikarenakan kurangnya kemampuan insulasi untuk mencegah panas yang hilang (*heat loss)* dalam kotak penyimpanan pada saat proses pendinginan, yang menyebabkan es mudah mencair. Penggunaan kotak gabus (*styrofoam*) kurang efektif karena sifat gabus yang mudah rusak sehingga hanya bisa digunakan beberapa kali.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang kotak penyimpangan dingin (*cool box*) dan perhitungan komposisi kebutuhan es yang tepat, yang disesuaikan dengan kapasitas ikan hasil tangkapan nelayan di Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik. Pengaplikasian *cool box* ini akan diletakkan di bagian dalam kapal untuk menggantikan fungsi palka. *Cool box* yang direncanakan akan menggunakan insulasi *Polyurethane* (PUR) dengan rangka luar dan dalam menggunakan material *High Density Poly Ethylene* (HDPE). Perancangan ini tidak meperhitungkan apsek ekonomi dan harga dari material pada *cool box*. Perhitungan total beban pendinginan dari *cool box* menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) berdasarkan ASHRAE Handbook. *Cool box* ini nantinya dapat digunakan oleh nelayan tradisional Kelurahan Lumpur dalam menyimpan hasil ikan saat melaut, sehingga ikan tetap dalam keadaan segar dan kualitasnya akan terjaga.

TINJAUAN PUSTAKA

Cooling Load Temperature Difference (CLTD)

Cooling Load Temperature Difference (CLTD) merupakan metode perhitungan beban pendingin dengan perbedaan temperatur [6]. Persamaan untuk menghitung beban pendingin terdiri dari beban pendingin luar dan beban pendingin dalam.

a. Perhitungan Beban Pendingin dari Luar (*External Load*)

Pada persamaan ini yaitu menghitung beban pendingin dari luar yang sumbernya dari kalor sensibel dinding, atap sebagai buka tutup, lantai sebagai alas yang dinamakan beban transmisi. Berikut merupakan perhitungan laju perpindahan panas yang dapat dilihat pada persamaan (1).

$$Q = U * A * \Delta T \quad \ldots. (1)$$

Di mana :

Q = Laju perpindahan panas (Btu/h)
U = Koefisien perpindahan panas (Btu/h.ft^2.^{o}F)
A = Luas dinding, atap, lantai (ft^2)
ΔT = Selisih antara temperatur udara luar dan dalam (^{o}F)

Nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan (U) pada dinding, atap dan lantai dapat dihitung melalui persamaan (2) berikut.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad \ldots. (2)$$

Di mana :
U = Koefisien perpindahan panas (Btu/h.ft^2.^{o}F)
x = Ketebalan material (ft)
k = Konduktivitas termal (Btu/h.ft^2.^{o}F)
h_i = Koefisien konveksi dalam (Btu/h.ft^2.^{o}F)
h_o = Koefisien konveksi luar (Btu/h.ft^2.^{o}F)
Berikut persamaan (3) yang digunakan untuk perhitungan beban infiltrasi.

$$Q = 60*V*A*(hi - hr)*\rho_r*Dt \ldots. (3)$$

Di mana :
V = Kecepatan udara (ft/min)
A = Luas pintu (ft^2)
h_i = Entalpi luar (Btu/lb)
h_r = Entalpi dalam (Btu/lb)
ρ_r = Massa jenis udara dalam (gr/lb)
D_t = *Decimal portion* dari waktu pintu terbuka

Berikut perhitungan *Decimal portion* dari waktu pintu terbuka, yang dapat dilihat pada persamaan (4).

$$Dt = \left[\frac{P\theta_p + 60\theta_o}{3600\,\theta_d}\right] \ldots. (4)$$

Di mana :
P = Jumlah pintu
θ_p = Waktu pintu menutup dan membuka (s)
θ_o = Waktu pintu terbuka (min)
θ_d = Waktu operasi (h)

b. Perhitungan Beban Pendingin dari Dalam (*Internal Load*)
Persamaan (5) digunakan untuk menghitung dari beban produk yang disimpan.

$$Q = m.\ cv\ .\ (t_o - t_i) \ldots. (5)$$

Di mana :
m = Massa produk (lb/day)
cv = Panas spesifik produk (Btu/lb.^{o}F)
t_o = Temperatur awal produk sebelum masuk ruangan(^{o}F)
t_i = Temperature produk sesuai suhu penyimpanan (^{o}F)

METODE

Langkah–langkah dari penelitian ini dimulai dari studi literatur yang didapatkan dari buku, jurnal, paper, website, wawancara, penelitian terdahulu dan tugas akhir untuk memperluas pengetahuan penulis. Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data, meliputi data primer yang diperoleh melalui wawancara dan observasi, serta data sekunder yang bersumber dari literatur yang relevan, seperti jurnal maupun tugas akhir. Data yang diperlukan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Langkah ketiga yaitu perhitungan total beban pendinginan menggunakan metode *Cooling Load Temperatur Difference* (CLTD) dan perhitungan jumlah kebutuhan es

menggunakan prinsip dan persamaan Termodinamika. Setelah pengolahan data selesai maka langkah selanjutnya adalah analisis dan pembahasan menggunakan analisis data deskriptif, yaitu digambarkan melalui kata–kata atau kalimat dengan mengkaji perhitungan total beban pendinginan serta kapasitas volume penyimpanan ikan dan es pada *cool box*. Langkah terakhir adalah penarikan kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan dari penelitian ini serta memberikan rekomendasi desain dan ukuran *cool box* yang sesuai dengan kondisi dan jumlah ikan hasil tangkapan nelayan Kelurahan Lumpur Gresik.

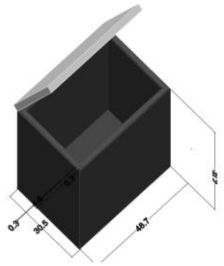
Tabel 1. Data yang diperlukan dalam penelitian

Keterangan	Simbol	Satuan
Luas Area	A	m^2
Kapasitas produk (massa)	m	Kilogram (kg)
Panas spesifik produk	c_p	J/kg.K
Temperatur dalam	T_i	Kelvin
Temperatur luar	T_o	Kelvin
Konduktivitas Termal	K	Btu.in/h.ft^2.^{o}F

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Desain *Cool Box*

Cool box yang dirancang memiliki panjang 44.5 cm; lebar 26.3 cm; tinggi 35.2 cm dengan rangka dalam dan luar masing-masing menggunakan *High Density Polyethlene* (HDPE) setebal 0.3 cm, serta insulasi *Polyurethane* setebal 1.5 cm. Desain *cool box* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Tiga Dimensi *Cool Box* (dalam cm)

Berikut merupakan data-data dari material yang diperoleh, seperti disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Konduktivitas termal dan ketebalan material

Material insulasi	Simbol	*k* (Btu.in/h.ft^2.^{o}F)	Simbol	Ketebalan (in)
High Density Polyethlene (HDPE)[a]	K_1	3.469	X_1	0.11811
Polyurethane (PUR)[b]	K_2	0.17	X_2	0.590551

Perhitungan Beban Pendinginan *Cool Box*

Pada penelitian ini didapatkan data kecepatan angin terbesar dari BMKG 2 knot berada pada tanggal 18 April 2017. Besar nilai tersebut sama dengan 1.02889 m/s setara dengan 2.301561382 mph. Jika kecepatan angin kurang dari 15 mph, maka koefisien konveksi sebesar 1.6 Btu/h.ft^2.^{o}F, sehingga h_o=h_i=1.6 Btu/h.ft^2.^{o}F [6]. Dengan menggunakan persamaan ASHRAE Handbook, didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

a. Beban Transmisi dari Atap, Lantai, dan Dinding

$$Q = U * A * \Delta T$$

Temperatur dinding dan atap yang mendapatkan panas sinar matahari ($t_{o\ max}$) sebesar 37^{o}C (98.6 ^{0}F) saat beban puncak berada pada tanggal 20 Oktober 2017. Nilai tersebut diambil dari data BMKG. Temperatur dalam (t_i) sebagai penyimpanan sebesar -2 ^{o}C (28.4^{o}F), sehingga total beban transmisi dari atap dan dinding adalah 128.5426 kJ.

Untuk temperatur lantai, temperatur kayu (t_o) dapat diasumsikan sebagai temperatur rata-rata dari temperatur luar atau lingkungan yang tidak mendapat panas sinar matahari, yaitu sebesar 31.5 ^{o}C (88.7^{o}F), dengan temperatur dalam sebesar -2 ^{o}C (28.4^{o}F). Maka nilai temperatur kayu (t_o) adalah 58.55^{o}F. Nilai beban transmisi dari lantai adalah 10.6131 kJ.

b. Beban Infiltrasi

Massa jenis (ρr) udara di dalam *cool box* pada temperatur -2^{o}C adalah sebesar 1.3018 kg/m^3 (0.08126 lb/ft^3). Temperatur luar dari *cool box* menggunakan beban maksimum yang didapat dari BMKG, yaitu (t_o) 37^{o}C (98.6^{o}F) dengan kelembapan rata-rata (RH) 61% didapatkan nilai entalpi luar (h_i) dari *Psychrometric Chart* pada 1 atm, sebesar 80 kJ/kg (34.3938 Btu/lb). Temperatur dalam *cool box* menggunakan temperatur maksimal ikan yang harus dijaga kesegarannya dalam proses pendinginan menggunakan es (t_i) -2^{o}C (28.4^{o}F). Ikan harus dijaga pada kelembapan relatif (RH) 90% sehingga didapatkan entalpi dalam (h_r) sebesar -7 kJ/kg (-3.009 Btu/lb). Jumlah atap yang difungsikan sebagai pintu *cool box* adalah 1, dengan waktu membuka dan menutup pintu (θ_p) 3 detik. Proses buka tutup hanya satu kali saja dengan pintu terbuka selama (θ_o) 15 menit, di mana waktu ini digunakan nelayan memasukkan ikan segar hasil tangkapan yang sebelumnya telah di kumpulkan terlebih dahulu. Sehingga nilai dari (θ_d) sebagai waktu operasi bernilai 9 jam. Dengan memasukkan ke dalam persamaan (3) dan (4), didapatkan beban infiltrasi sebesar 1736.4003 kJ.

c. Beban Produk

Massa produk yang digunakan adalah kapasitas tangkapan ikan tertinggi nelayan Kelurahan Lupur Gresik per hari, yaitu 20 kg. Ikan disimpan pada temperatur -2^{o}C (28.4^{o}F) sampai 0^{o}C (32^{o}F). Temperatur ikan yang ditangkap sesuai dengan perairan di Indonesia, yang berada di kawasan Samudera Hindia, yaitu sebesar 30^{o}C (86^{o}F) [7]. Panas spesifik (c_p) ikan menggunakan data panas spesifik ikan laut terbesar pada ikan kembung dengan nilai 4.7169 (kJ/kg. ^{o}C) [8]. Dengan menggunakan persamaan (5), maka beban produk yang disimpan adalah 3018.816 kJ.

Total beban pendinginan merupakan penjumlahan dari beban transmisi dari dinding, atap, lantai, dan beban produk kemudian dikalikan dengan *safety factor*. Total beban pendingin dari penjumlahan beban ekternal di tambahkan internal dikalikan dengan *safety factor* sebesar 10% [6].

$$Q_{total} = 10\% * (Q_{internal} + Q_{eksternal}) = 10\% * (3018.816 + 1875.556) = 5383.81 \text{ kJ}.$$

Perhitungan Jumlah Kebutuhan Es

Untuk mengetahui jumlah kebutuhan es yang akan digunakan, dilakukan perhitungan dengan asumsi bahwa total kalor eksternal dan beban internal sama dengan kalor yang diserap oleh es sampai mencair. Prinsip ini sesuai dengan hukum kekekalan energi. Adapun data yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan jumlah es adalah sebagai berikut.

- Kalor laten es (L) sebesar 336 kJ/kg.
- Nilai Q_{lepas} merupakan total beban pendingin yang didapatkan dari Tabel 3.

Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam menghitung besar kebutuhan es [9].

$$Q_{lepas} = Q_{serap} \quad \ldots. (6)$$

$$Q_{total\ beban\ pendingin} = m_{es} * L$$

$$5383.81\ kJ = m_{es} * 336\ kJ/kg \rightarrow m_{es} = 16\ kg$$

KESIMPULAN

Desain dari *cool box* memiliki dimensi panjang 48.7 cm, lebar =30.5 cm, dan tinggi 39.4 cm. Insulasi menggunakan *Polyurethane* (PUR) dengan tebal 1.5 cm. Rangka luar dan dalam menggunakan *High Density Polyethlene* (HDPE) dan masing-masing sisi memiliki tebal 0.3 cm. Kapasitas penyimpanan maksimum *cool box* adalah 41.19 kg. Untuk menjaga kesegaran 20 kg ikan selama 9 jam penyimpanan menggunakan *cool box*, nelayan di Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik harus membawa minimal 16 kg es.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Sondana, "Desain Sistem Pendingin Ruang Mutu Kapal Ikan Tradisional Dengan Teknologi Insulsi Vakum ", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2013.

[2] I.G.W. Sedana, "Pengaruh Teknik Bleending dan Jenis Media Pendingin Terhadap Mutu Fillet Ikan kakap Putih (Lates Calcarifer Bloch)", 2015.

[3] A. C. Saputra, "Studi Eksperimen Penggunaan Ice Gel Propylene Glycol Sebagai Media Pendingin Coolbox Kapal Ikan Tradisional", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.

[4] P. P. d. P. d. T. K. Pertanian, "Penanganan dan Penyimpanan Hasil Tangkap", 2010. [Online]. Available: http://thp.faperika.unri.ac.id/wp-content/uploads/2014/04/MODULPENANGANANHASILTANGKAP_2.pdf. [Accessed: 13-Juli-2018].

[5] A. Lisa, "Analisa Faktor–Faktor yang Mempengaruhi Pendapatan Nelayan di Kelurahan Lumpur Kabupaten Gresik", Surabaya: Universitas Bhayangkara Surabaya, 2015.

[6] ASHRAE Research, "ASHRAE Handbook Refrigeration", Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers Inc, 2006.

[7] Murray, James. Chapter 3: *Properties of Water and Seawater*. 2004.

[8] M. Huda, "Desain Sistem Pendingin Ruang Muat kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Campuran Es Kering dan Cold Ice yang Berbahan Dasar Propylene Glycol", Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.

[9] Yovan Sovanda, Bravo, 2013, "Studi Perencanaan *Jacketed Storage* System Memanfaatkan CO_2 Cair Sebagai Refrigeran". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2013